(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113260889 B
(45)授权公告日 2023.04.18

(21)申请号 202080007825.X
(22)申请日 2020.01.15
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113260889 A
(43)申请公布日 2021.08.13
(30)优先权数据
62/792,433 2019.01.15 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.07.01
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2020/050294 2020.01.15
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/148665 EN 2020.07.23

(73)专利权人 鲁姆斯有限公司
地址 以色列耐斯兹敖那
(72)发明人 阿米特·马齐尔
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 唐京桥 杨林森

(51)Int.Cl.
G02B 6/13(2006.01)
G02B 27/01(2006.01)
F21V 8/00(2006.01)
G02B 6/12(2006.01)
G02B 6/36(2006.01)

审查员 王睿爽

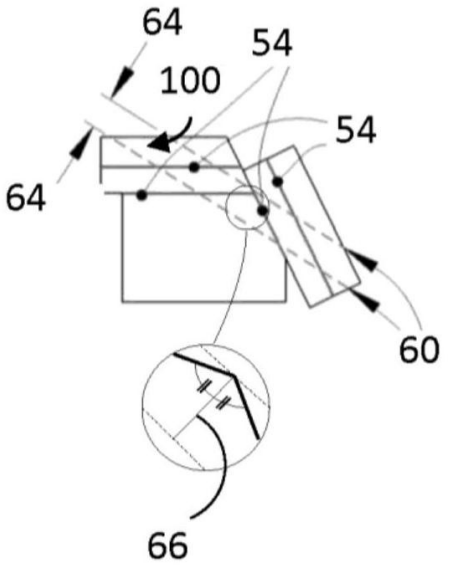
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

制造对称光导光学元件的方法

(57)摘要

公开了对称光导光学元件("LOE")及其制造方法。该方法包括:提供多个透明板,每个板具有两个平行表面;将多个板的第一子集堆叠在透明基块上以形成板的第一堆叠;在第一堆叠板和基块的一侧形成倾斜表面;将多个板的第二子集堆叠在倾斜表面上以形成板的第二堆叠;以及提取第一堆叠、基块和第二堆叠的片,使得片包括基块的插入在第一堆叠的板与第二堆叠的板之间的至少一部分。



CN 113260889 B

1.一种制造对称光导光学元件(“LOE”)的方法,所述对称光导光学元件具有一对平行外表面、第一多个内反射表面和第二多个内反射表面,所述第一多个内反射表面和所述第二多个内反射表面彼此不平行且不平行于所述一对外表面,所述方法包括:

提供多个透明板,每个板具有两个平行表面;

将所述多个板的第一子集堆叠在透明基块上以在所述基块上形成板的第一堆叠,所述板的第一堆叠包括在每对相邻板之间的至少部分反射涂层;

在第一堆叠板和所述基块的一侧形成倾斜表面,所述倾斜表面不垂直于所述板的第一堆叠中的板的所述平行表面并且包括所述基块的至少一部分;

将所述多个板的第二子集堆叠在所述倾斜表面上以在所述基块上形成板的第二堆叠,所述板的第二堆叠包括在每对相邻板之间的至少部分反射涂层,其中,所述基块与所述板的第一堆叠之间的界面以及所述基块与所述板的第二堆叠之间的界面均包括至少部分反射涂层;以及

提取所述第一堆叠、所述基块和所述第二堆叠的片,使得所述片包括所述基块的插入在所述第一堆叠的板与所述第二堆叠的板之间的至少一部分。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,将所述板的第一子集堆叠在所述透明基块上包括以下步骤:

在所述第一堆叠中的相邻板之间并且在所述第一堆叠与所述基块之间施加至少部分反射涂层;

使用永久粘合剂将所述第一堆叠中的板彼此接合;以及

使用永久粘合剂将所述板的第一堆叠接合到所述基块。

3.根据权利要求1所述的方法,其中,将所述板的第一子集堆叠在所述透明基块上包括以下步骤:

在所述第一堆叠中的相邻板之间施加至少部分反射涂层;

使用永久粘合剂将所述第一堆叠中的板彼此接合;以及

使用临时粘合剂将所述板的第一堆叠接合到所述基块,其中,在形成所述倾斜表面之后,将所述板的第一堆叠与所述基块脱离,并且在将至少部分反射涂层施加到所述板的第一堆叠与所述基块之间的界面之后,使用永久粘合剂将所述板的第一堆叠重新接合到所述基块。

4.根据权利要求1所述的方法,还包括对所述片进行成形、研磨和双面抛光中的一个或更多个以形成至少一个对称LOE。

5.根据权利要求4所述的方法,还包括将所述片切割成多个件以形成多个对称LOE。

6.一种通过权利要求1所述的方法制造的光导光学元件(LOE)。

制造对称光导光学元件的方法

技术领域

[0001] 本公开主题涉及制造对称光导光学元件(LOE)的方法,并且更特别地涉及没有接合界面的对称LOE。

背景技术

[0002] 紧凑型光学元件的重要应用之一是头戴式显示器(HMD),其中光学模块用作成像透镜和组合器两者,由此二维显示被成像到无限远并被反射到观察者的眼睛中。显示可以直接从空间光调制器(SLM)例如阴极射线管(CRT)、液晶显示器(LCD)、有机发光二极管阵列(OLED)、扫描源或类似设备获得,或者间接地借助于中继透镜或光纤束获得。该显示包括通过准直透镜成像到无限远并且借助于反射或部分反射表面传送到观察者的眼睛中的元素(像素)阵列,该反射或部分反射表面分别用作非透视应用或透视应用的组合器。通常,常规的自由空间光学模块被用于该目的。随着系统的期望视场(FOV)增加,这样的常规的光学模块必然变得更大、更重且体积更大,使得即使对于中等性能设备也是不实际的。这些对于所有类型的显示器是主要的缺点,但对于头戴式应用尤其如此,在头戴式应用中,系统必须尽可能轻便和紧凑。对紧凑性的追求已经导致了若干不同的复杂光学解决方案,所有这些解决方案一方面对于大多数实际应用仍然不够紧凑,并且另一方面难以制造。此外,由这些设计得到的光学视角的眼动盒(EMB,eye-motion-box)通常非常小,通常小于8mm。因此,即使对于相对于观察者的眼睛的小的移动,光学系统的性能也非常敏感,并且不允许足够的瞳孔运动以用于方便地阅读所显示的文本。在这些系统中的一些中,优选具有对称系统,其中输入光在基板的中心部分耦合到基板中。

[0003] 美国专利7,643,214,特别是图10,公开了对称光导光学元件(LOE)。对称LOE实际上是组合器片(combiner slice)的两个部分,其如本文中图1所示接合在一起。接合的片组合器(具有或不具有隔离层)形成对称LOE最终构造,其包括任意数量的内部BS涂覆小平面和外部镜涂层以及如图2所示的两个部分之间的接合表面。在这种结构中存在两个主要问题。首先,接合表面引起光学干扰,例如通过接合界面投射的光线的交叠(overlap)和欠交叠(underlap),在通光孔径区(clear aperture area)反射为白色/黑色条纹。第二,两个部件必须一开始具有完美的匹配并且在接合之前彼此主动地对准。这种过程在大规模生产方面不够鲁棒,这是因为涉及到敏感的个体处理。

发明内容

[0004] 根据本公开主题的一个方面,提供了一种制造对称光导光学元件(“LOE”)的方法,LOE具有一对平行外表面、第一多个内反射表面和第二多个内反射表面,第一多个内反射表面和第二多个内反射表面彼此不平行且不平行于一对外表面,该方法包括:提供多个透明板,每个板具有两个平行表面;将多个板的第一子集堆叠在透明基块上以在基块上形成板的第一堆叠,板的第一堆叠包括在每对相邻板之间的至少部分反射涂层;在第一堆叠板和基块的一侧形成倾斜表面,该倾斜表面不垂直于板的第一堆叠中的板的平行表面并且包括

基块的至少一部分;将多个板的第二子集堆叠在倾斜表面上以在基块上形成板的第二堆叠,板的第二堆叠包括在每对相邻板之间的至少部分反射涂层,其中,基块与板的第一堆叠之间的界面以及基块与板的第二堆叠之间的界面均包括至少部分反射涂层;以及提取第一堆叠、基块和第二堆叠的片,使得片包括基块的插入在第一堆叠的板与第二堆叠的板之间的至少一部分。

[0005] 根据一些方面,将板的第一子集堆叠在透明基块上包括以下步骤:在第一堆叠中的相邻板之间并且在第一堆叠与基块之间施加至少部分反射涂层;使用永久粘合剂将第一堆叠中的板彼此接合;以及使用永久粘合剂将板的第一堆叠接合到基块。

[0006] 根据一些方面,将板的第一子集堆叠在透明基块上包括以下步骤:在第一堆叠中的相邻板之间施加至少部分反射涂层;使用永久粘合剂将第一堆叠中的板彼此接合;以及使用临时粘合剂将板的第一堆叠接合到基块,其中,在形成倾斜表面之后,将板的第一堆叠与基块脱离,并且在将至少部分反射涂层施加到板的第一堆叠与基块之间的界面之后,使用永久粘合剂将板的第一堆叠重新接合到基块。

[0007] 根据一些方面,该方法还包括对片进行成形、研磨和双面抛光中的一个或更多个以形成至少一个对称LOE。

[0008] 根据一些实施方式,还包括将片切割成多个件以形成多个对称LOE。

[0009] 根据本公开主题的另一方面,提供了一种光导光学元件(LOE),该LOE具有一对平行外表面、第一多个内反射表面和第二多个内反射表面,第一多个内反射表面和第二多个内反射表面彼此不平行且不平行于一对外表面,该LOE由包括以下操作的方法制成:提供多个透明板,每个板具有两个平行表面;将多个板的第一子集堆叠在透明基块上以在基块上形成板的第一堆叠,板的第一堆叠包括在每对相邻板之间的至少部分反射涂层;在第一堆叠板和基块的一侧形成倾斜表面,该倾斜表面不垂直于板的第一堆叠中的板的平行表面并且包括基块的至少一部分;将多个板的第二子集堆叠在倾斜表面上以在基块上形成板的第二堆叠,板的第二堆叠包括在每对相邻板之间的至少部分反射涂层,其中,基块与板的第一堆叠之间的界面以及基块与板的第二堆叠之间的界面均包括至少部分反射涂层;以及提取第一堆叠、基块和第二堆叠的片,使得片包括基块的插入在第一堆叠的板与第二堆叠的板之间的至少一部分。

[0010] 根据本公开主题的另一方面,提供了一种光导光学元件(LOE),LOE包括:透明材料块,其具有一对平行外表面,所述一对平行外表面被构造成通过全内反射在其间传播光;块内的倾斜于一对外表面的至少部分反射的相互平行的内表面的第一集合,内表面的第一集合包括耦入表面和被构造成将在LOE的外表面之间传播的光的第一部分反射出去的至少一个耦出表面;以及块内的倾斜于一对外表面的至少部分反射的相互内表面的第二集合,内表面的第二集合包括耦入表面和被构造成将在LOE的外表面之间传播的光的第二部分反射出去的至少一个耦出表面,其中,内表面的第一接合的耦入表面和内表面的第二集合的耦入表面一起限定V形耦入反射器,并且其中,透明材料块的位于内表面的第一集合的耦入表面与内表面的第二集合的耦入表面之间的部分是没有接缝的透明材料的整体件。

附图说明

[0011] 为了理解本发明并了解其在实践中如何被实施,将参考附图通过非限制性示例来

描述实施方式,在附图中:

[0012] 图1A示出了在组合器片之间具有接合界面的对称LOE的分解等轴视图;

[0013] 图1B示出了在组合器片之间具有接合界面的对称LOE的截面视图;

[0014] 图2示出了不具有接合界面的对称LOE的截面视图;

[0015] 图3示出了对称LOE的“干净角部”(“clear corner”)实施方式的截面视图;

[0016] 图4示出了对称LOE的“退化”(“degenerated”)实施方式的截面视图;

[0017] 图5A至图5B示出了根据本文公开的实施方式的在基块上堆叠板的步骤;

[0018] 图6示出了根据本文公开的实施方式的形成倾斜表面的步骤;

[0019] 图7示出了根据本文公开的实施方式的从基块移除板的步骤;

[0020] 图8示出了根据本文公开的实施方式的对基块进行涂覆的步骤;

[0021] 图9示出了根据本文公开的实施方式的形成第二堆叠的步骤;

[0022] 图10示出了根据本文公开的实施方式的提取第二堆叠的片的步骤;

[0023] 图11示出了根据本文公开的实施方式的对片的表面进行研磨的步骤;

[0024] 图12示出了根据本文公开的实施方式的对片进行双面抛光的步骤;以及

[0025] 图13示出了根据本文公开的实施方式的对片进行成形和切割的步骤。

具体实施方式

[0026] 在以下详细描述中,阐述了许多具体细节以便提供对本发明的透彻理解。然而,本领域技术人员将理解,可以在没有这些具体细节的情况下实践本公开主题。在其他情况下,未详细描述公知的方法、过程和部件,以免使本公开主题模糊。

[0027] 考虑到这一点,图1A示出了对称LOE 10的已知实施方式的分解等轴视图,该对称LOE实际上包括组合器片12的两个部分,这两个部分通过粘合剂接合表面14接合在一起。可选地,LOE 10可以包括顶部和底部隔离层涂层16。

[0028] 图1B示出了图1A所示的已知对称LOE 10的截面视图。LOE包括透明材料块,该透明材料块具有一对平行外表面18,该一对平行外表面被构造成通过全内反射在其间传播光。LOE 10还包括在块内的倾斜于一对外表面18的至少部分反射的相互平行的内表面(“小平面”(facet))20的第一集合20A。内表面的第一集合20A包括耦入表面20-A2和至少一个耦出表面20-A1,至少一个耦出表面20-A1被构造成将在LOE 10的外表面18之间传播的光的第一部分反射出去。

[0029] LOE 10还包括在块内的倾斜于一对外表面18的至少部分反射的相互平行的内表面20的第二集合20B。与第一集合类似,第二集合20B内表面包括耦入表面20-B2和至少一个耦出表面20-B1,至少一个耦出表面20-B1被构造成反射出在LOE 10的外表面18之间传播的光的第二部分。

[0030] 在LOE 10中,小平面的第一集合20A和第二集合20B相对于彼此不平行,并且内表面的第一集合20A中的耦入表面20-A2和第二集合20B中的耦入表面20-B2一起限定V形耦入反射器。

[0031] 通过接合多个透明板形成内表面20,并且通过在每对相邻板之间施加至少部分反射涂层来实现内表面的至少部分反射的特性。

[0032] 如上及在美国7,643,214中所述,通过以下操作来制造LOE 10:结合两个组合器

片，使得在耦入表面20-A2与耦入表面20-B2之间存在接缝(即接合界面)14。

[0033] 然而，如上所述，在近眼显示器的一些应用中，使用在组合器片之间不存在接合界面的对称LOE对于增强的图像质量可能是有益的或期望的，如示出不具有接合界面的对称LOE 10'的实施方式的截面视图的图2所示。LOE 10'类似于LOE 10，除了位于内表面的第一集合的耦入表面与内表面的第二集合的耦入表面之间的透明材料块是没有接缝的透明材料的整体件22。

[0034] 应当注意，由于制造工艺的限制，并且特别是在为了精确平行而抛光LOE的主外表面的最终阶段中，在耦入表面20A-2和耦入表面20-B2相交的点与LOE的最近表面18之间可能存在间隙30，如图3所示。对于这样的间隙，约0至0.1mm的公差被认为是可接受的，而大于0.1mm则应避免，因为可能导致图像劣化。

[0035] 在一些实施方式中，从不存在任何部分反射内表面的意义上来说，需要间隙30的区域为“干净的”(“clean”)。该实施方式在图3中示出，并且在本文中被称为“干净角部”构造。在其他实施方式中，如图4所示，可以接受至少一个耦入表面的一部分延伸穿过间隙30的区域到外表面18，导致两个耦入表面的交叠40或欠交叠42，如图4所示。该实施方式在本文被称为“退化”构造。

[0036] 已经描述了没有接缝的对称LOE 10'，现在将参照图5至图13描述根据一些实施方式的制造LOE 10'的方法。现在参照图5A至图5B，首先提供多个透明板50，每个板具有一对平行表面。如图5A至图5B所示，该方法包括将透明板50的第一子集堆叠在透明基块52上以在基块22上形成板的第一堆叠50A。本文所用的“堆叠”包括将板一个接一个地堆叠到基块上，或将预先形成的板的堆叠堆叠到基块上，或上述的任何组合。

[0037] 将板进行堆叠以形成第一堆叠50A优选地包括在每对相邻板50之间施加至少部分反射涂层54，以及另外，在一些实施方式中优选地包括在板的第一堆叠与基块52之间施加至少部分反射涂层54。施加在相邻板之间的至少部分反射涂层54可以是相同或不同的至少部分反射涂层，并且施加在堆叠与基块之间的至少部分反射涂层与施加在堆叠的板之间的涂层相比可以是相同或不同的涂层。在一些实施方式中，施加在相邻板之间或板的堆叠与基块之间的至少部分反射涂层中的至少之一可以是全反射涂层。

[0038] 将板进行堆叠以形成第一堆叠50A优选地还包括在第一堆叠50A中的相邻板之间以及在第一堆叠50A与基块52之间施加粘合剂涂层56。施加在相邻板之间的粘合剂涂层可以与施加在板的堆叠与基块之间的粘合剂涂层相同或不同。例如，第一堆叠50A中的板优选地用永久粘合剂接合在一起，而第一堆叠50A可以根据期望的最终LOE构造使用临时粘合剂或永久粘合剂接合到基块52。例如，为了制造“干净角部”对称LOE，在这个阶段，板的第一堆叠50A应优选地仅用临时粘合剂接合到基块52，而“退化”LOE优选地用现在以永久粘合剂接合到基块52的板的第一堆叠50A来制造。因此，在这个阶段，基块52与板的第一堆叠50A之间的界面可以仅包括粘合剂涂层56，如图5A所示(例如，在干净角部构造的情况下)，或者可以替选地包括部分反射涂层54，如图5B所示(例如，在退化构造的情况下)。

[0039] 因此，根据所需的LOE构造，在一些情况下，将板的第一子集进行堆叠还包括以下步骤：i)在第一堆叠50A中的相邻板之间以及在第一堆叠50A与基块52之间施加至少部分反射涂层54；ii)使用永久粘合剂将第一堆叠50A中的板彼此接合；以及iii)使用永久粘合剂将板的第一堆叠50A接合到基块52。

[0040] 在其他情况下,将板的第一子集进行堆叠可以包括以下步骤:i)在第一堆叠50A中的相邻板之间施加至少部分反射涂层54;ii)使用永久粘合剂将第一堆叠50A中的板彼此粘合;以及iii)使用临时粘合剂将板的第一堆叠50A接合到基块52。在该实施方式中,在板的第一堆叠50A与基块52之间使用临时粘合剂,以便于临时移除第一堆叠50A和随后的重新接合,如下面参照图7所述。

[0041] 接下来,如图6所示,在板的第一堆叠50A和基块52的一侧形成倾斜表面62(不垂直于板的平行表面),使得倾斜表面包括基块的至少一部分。可以通过本领域已知的任何方法(例如通过磨削装置63磨削、切割等)形成倾斜表面。倾斜表面62与板的平行表面之间的角度α应当与相对于LOE的外表面的期望小平面角度对应。

[0042] 在一些实施方式中,例如在“干净角部”LOE的制造中,在形成倾斜表面之后,将板的第一堆叠50A与基块52脱离并被临时移除,如图7所示,并且将至少部分反射涂层54施加在第一堆叠50A与基块52之间,并且优选地还施加到基块的倾斜表面部分,如图8所示。随后使用永久粘合剂将第一堆叠50A重新接合到基块52。

[0043] 在其他实施方式中,例如在“退化”LOE的制造中,基块与板的第一堆叠50A之间的界面可能已经包括至少部分反射涂层54(如图5B所示),从而免去在该阶段将板的第一堆叠50A移除以对基块进行涂覆的必要。在这种情况下,现在仅将至少部分反射涂层54施加到基块的倾斜表面部分。

[0044] 如图9所示,该方法还包括在倾斜表面62上堆叠多个板50的第二子集以在基块52上形成板的第二堆叠50B。板的第二堆叠50B包括在每对相邻板之间的至少部分反射涂层54。另外,如上文参照图8所述,基块52与板的第二堆叠50B之间的界面还包含至少部分反射涂层54。优选地,板的第二堆叠包括在每对相邻板之间以及在第二堆叠与基块之间的粘合剂涂层56。优选地,粘合剂是永久粘合剂。

[0045] 在第一堆叠50A临时从基块52移除的情况下,最优选地,在将第二堆叠50B接合到基块52的倾斜表面部分期间或之后,将第一堆叠50A重新接合到基块,使得第一堆叠楔入在基块与第二堆叠之间,如图9所示。

[0046] 如图10所示,该方法还包括提取第一堆叠50A、基块52和第二堆叠50B的片100,使得片100包括基块52的插入在第一堆叠50A的板与第二堆叠50B的板之间的至少一部分。可以使用本领域已知的任何方法提取片,例如通过沿平行线(如图10中的虚线60所示)切割或通过磨削(例如通过沿图10中的箭头64所标记的方向向第一堆叠、基块和第二堆叠施加磨削力)。片的宽度应基本上与LOE的平行外表面18之间的期望距离对应。优选地执行对片的切除或磨制,使得所提取的片具有两组内表面(相邻板接触处),两组内表面关于在基块元件的中点处沿着片的宽度延伸的假想线66基本上对称,如图10所示。最内部的内表面与LOE 10’的耦入表面对应。优选地,片100的提取应该借助于自动准直仪和对准设备,或者任何已知的主动对准方法和工具,以确定切割或磨削工具与LOE 10’的小平面之间的正确角度。

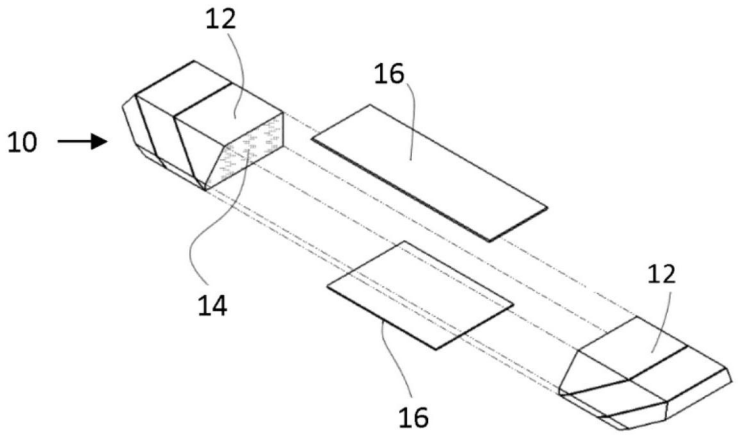
[0047] 如图11所示,在一些实施方式中,该方法还包括研磨(例如使用研磨装置1100)片100的最靠近两个耦入表面之间的交叉点的外表面,使得外表面在界面的0.1mm内,如上文参照图3(“干净角部”构造)和图4(交叠式“退化”构造)所述。

[0048] 如图12所示,在一些实施方式中,该方法还包括例如使用双面抛光装置1200沿片100的主外表面对片100进行抛光,以便在其间实现足够的平行度。片100的主外表面对应于

LOE 10’的外表面18。

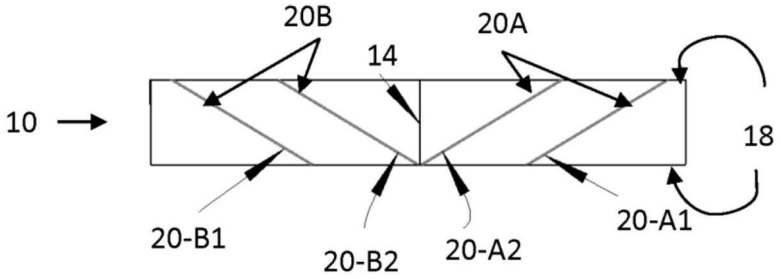
[0049] 如图13所示，在一些实施方式中，该方法还包括将片100进行成形，使得其侧部与期望的LOE形状对应。在一些实施方式中，片100然后形成单个完整的对称LOE 10’，其类似于图1A至图1B的已知对称LOE 10，但是没有组合器片之间的接缝。在其他实施方式中，片100可以被切割成多个对称LOE 10’，每个对称LOE 10’类似于已知的对称LOE 10，但是没有组合器片之间的接缝。

[0050] 应当理解，本发明不将其应用限制于本文中包含的描述中阐述的或在附图中示出的细节。本发明能够具有用于其他实施方式，并且能够以各种方式实践和执行。因此，应当理解，本文采用的措辞和术语是出于描述的目的，并且不应被认为是限制性的。因此，本领域技术人员将理解，可以容易地将本公开内容所基于的构思用作设计用于执行本公开主题的若干目的的其他结构、方法和系统的基础。



现有技术

图1A



现有技术

图1B

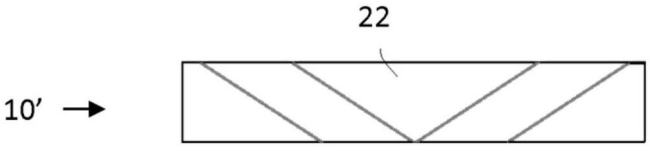


图2

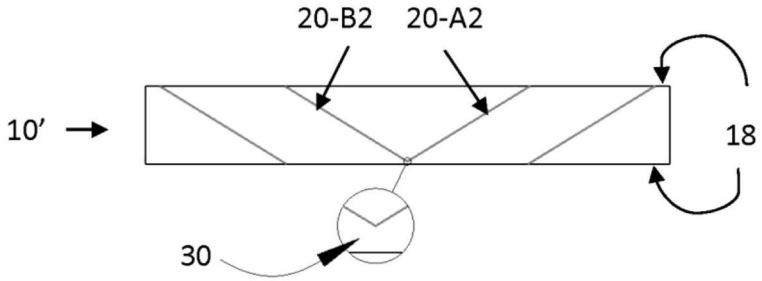


图3

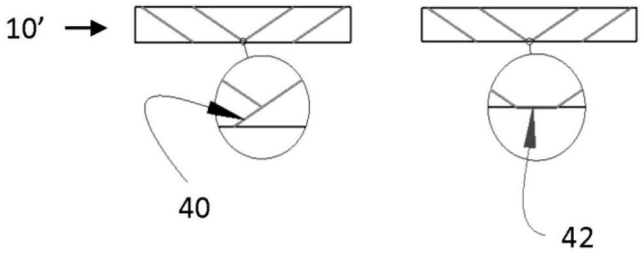


图4

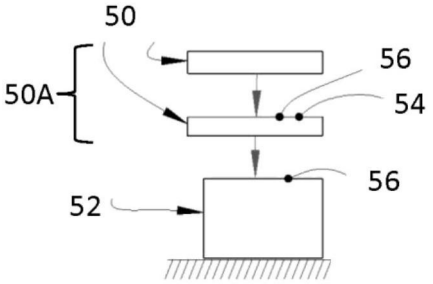


图5A

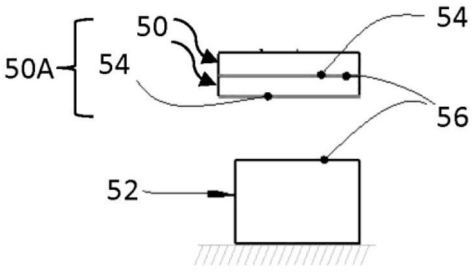


图5B

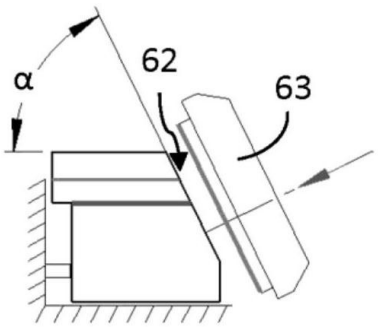


图6

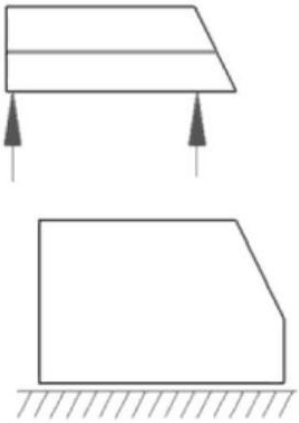


图7

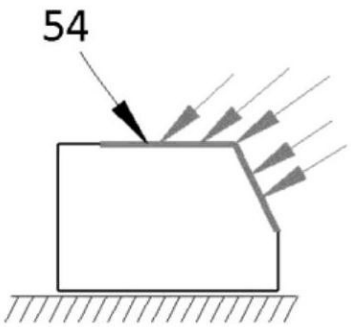


图8

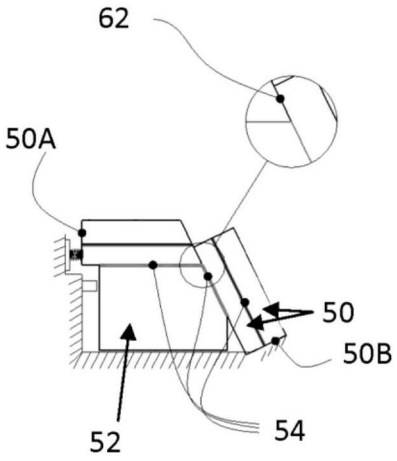


图9

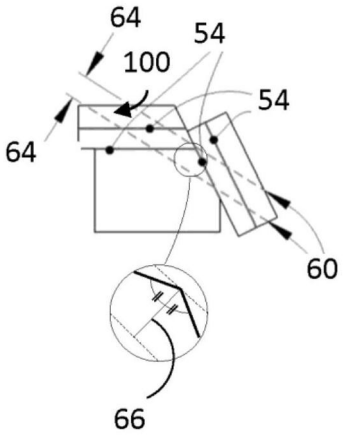


图10

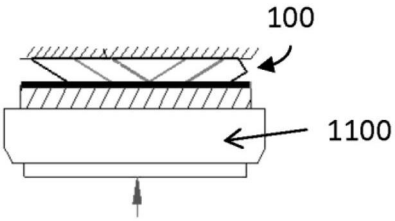


图11

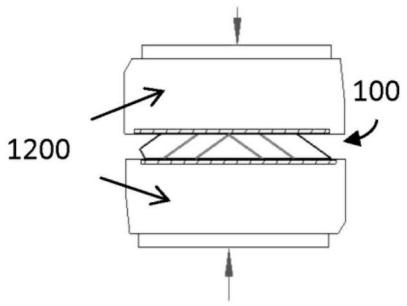


图12

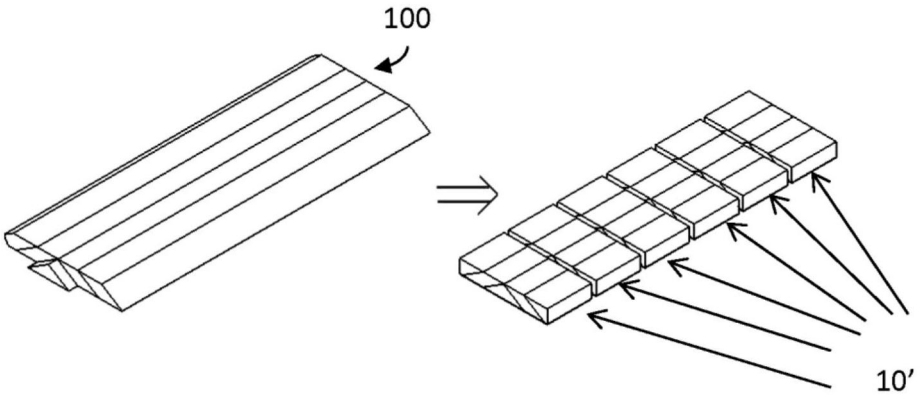


图13